

## 課題情報シート

テーマ名 :	レーザ変位計を利用した表面性状計測装置の開発				
担当指導員名 :	八崎 透 後野 隆	実施年度 :	24 年度		
施設名 :	九州職業能力開発大学校				
課程名 :	応用課程	訓練科名 :	生産システム技術系		
課題の区分 :	開発課題	学生数 :	7	時間 :	50 単位 (900h)

### 課題制作・開発のポイント

#### 【開発（制作）のポイント】

開発する「表面性状の評価装置」は、無接触で微小な試料の「表面性状」が計測できる装置です。装置の制御には、PLC(Programmable Logic Controller)を用い装置の駆動を行います。また、「表面性状」の計測にはレーザ変位計を用います。計測結果としては、試料の「表面性状」をグラフィックで定性的に示すために OpenGL®を用いて実現します。

【学生数の内訳】 機械設計および PLC 制御 : 4 名、グラフィックおよび通信 : 2 名

#### 【訓練（指導）のポイント】

PLC(Programmable Logic Controller)によるモータ制御と同時にレーザ変位センサのモジュールの制御をするために、使用機器のマニュアルを熟読する必要があります。そうすることで、PLC で何を実現するかを学生が明確にすることができました。また、OpenGL®によるグラフィックプログラムを制作するために OpenGL®および GLUT™の関数リファレンスマニュアルから正しいコーディングをすることを習得させることができました。

### 課題に関する問い合わせ先

施設名 : 九州職業能力開発大学校  
住所 : 〒802-0985 福岡県北九州市小倉南区志井 1665-1  
電話番号 : 093-963-0125 (代表)  
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/fukuoka/college/index.html>

### 課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

# レーザ変位計を利用した表面性状計測装置の開発

生産機械システム技術科  
生産電子システム技術科  
生産情報システム技術科

三浦裕貴  
甲斐大稔  
石川 航

小高博満  
鶴永祐一郎

吉岡幸次郎 杉元亮太

## 1. 目的

九州職業能力開発大学校には「表面粗さ」、「うねり」、「打痕及び傷」等の「表面性状」の評価装置として、触針式の計測機がある。図1に触針式の装置<sup>1)</sup>を示す。



図1 触針式計測器<sup>1)</sup>

従来はこの触針式の利用が主であったが、超精密加工等による微細形状部や、触れると変形する部分、レンズなど傷がついては困る部分などを評価する場合、触針式だと計測したラインにスタイラスの跡が残り製品価値を落とす可能性がある。

また、JISによって規定されている表面性状を数値化するための基準長さを持たない微小な試料も増えており、その対応も考える必要がある。図2に微小な試料の計測方法の1例<sup>2)</sup>を示す。

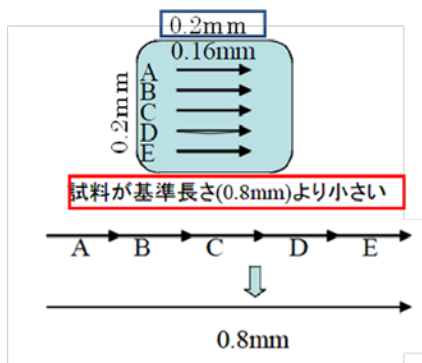


図2 計測方法の1例<sup>2)</sup>

そこで今回、試料に傷をつけないために無接触の「表面性状」計測と、基準長さを持たない試料の「表面性状」計測が行えることを目的とし、レーザ変位計を利用した小型の計測装置開発を行った。

## 2. 課題概要

今回開発する表面性状計測装置は、無接触で微小な試料の表面性状が計測できるように、レーザ変位計を用いて計測を行う。計測方法については、X-Y 駆動機構で計測物を位置決めし<sup>3)</sup>、Z 軸に固定したレーザ変位計で計測物の表面粗さの計測を行う。通常、触針式の計測装置はJISに規定された基準長さを「線」で計測し、断面曲線、うねり曲線、粗さ曲線などを2次元で評価を行い、表面性状を Ra:算術平均粗さ、Rz:最大高さ粗さ、Rzjis:十点平均粗さ等として数値化を行う。

一方、今回の装置は「線」ではなく「面」で計測を行うので、目視で3次元の表面の形状の確認が行える様にした。このことにより、打痕や傷の確認や、トライボロジーの分野での活躍が期待できる。また、触針式の装置で計測した時と同じように Ra 等を用いて数値化し2次元の表示も可能にした。図3に装置外観を示す。

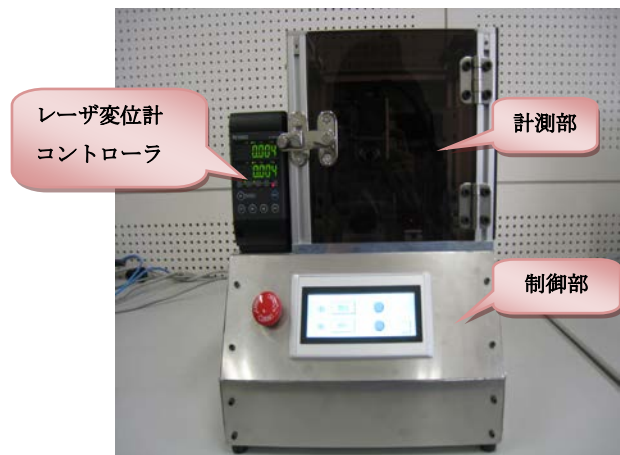


図3 装置外観

## 3. 機構部の仕様と構成

表1に機構部の仕様を示す。

装置寸法は 300×250×600mmと小型化した。X-Y 軸の最大稼働範囲及び最大測定範囲は 25×25mmとなっており、Z 軸は上下に±32mm稼働するものを選定した。XY 軸の送り方式はボールねじを使用し、駆動は5相のステッピングモータで行っている。Z 軸の送り方式はラックピニオンを使用し、手動で上下の高さ調整が行えるよ

うになっている。レーザ変位計について、今回はスポット径が25 $\mu$ mのものを使用している。

表1 機構部仕様

構成	装置部・制御部	
装置寸法(mm)	300×250×360	
主な材料	A5052,SUS304	
質量(kg)	約10	
最大稼働範囲 [X-Y-Z](mm)	25×25×60	
最大測定範囲 [X-Y](mm)	10×10	
	XYステージ	Z軸上下機構
送り方式	ボールねじ	ラックピニオン
駆動方式	ステッピングモータ	手動
繰返し位置決め 精度(mm)	±0.003	
バックラッシュ (mm)	0.002	
	レーザ変位計(RS-CMOS)	
基準距離	20mm	
測定範囲	±3mm	
スポット径	25 $\mu$ m	
システム制御	PLCによる計測制御	
操作方法	タッチパネル	
通信方式	RS-232C	
電源電圧	24V	

機構部はY軸に対してX軸を門型に組んだ形になっている。X軸にはZ軸のラックピニオンとレーザ変位計が取り付けられている。Y軸には計測物を乗せるテーブルが設置されている。図5に機構部の外観図を示す。

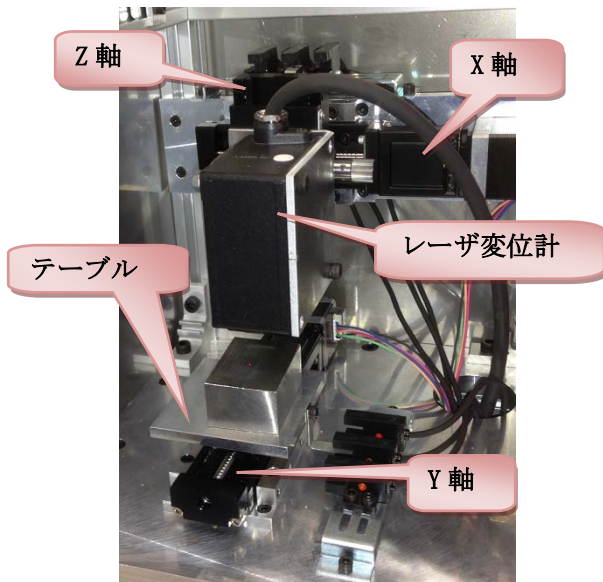


図4 機構部の外観

装置のシステム制御はPLCで行っており、操作しやすいようにタッチパネル操作になっている。パソコンとの通信はRS-232Cを用いて行っている。

装置下部にある、制御部の中身の外観図を図5に示す。

本装置は24V駆動のためパワーサプライでAC100VをDC24Vに変圧して使用している。また、装置の小型化を目指したため、PLCも小型のものを選定した。ステッピングモータの制御方式は1パルス入力方式<sup>4)</sup>に対応したものを選定した。プログラムは、使用したPLCに内蔵されている専用命令を用いてラダープログラムで作成した<sup>5)</sup>。

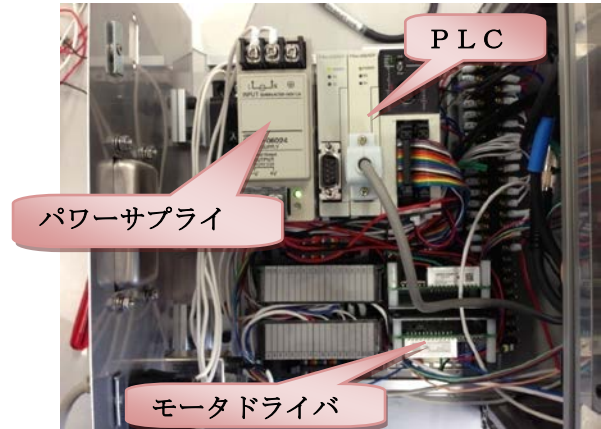


図5 制御部の中身

#### 4. 描画部の仕様と構成

下の表2に描画部の仕様を示す。

表2 描画部仕様

開発環境	
OS	Windows7®,XP®
言語	C++
開発ツール	OpenGL®
グラフィックツール	GLUT™
インターフェースツール	GLUI™

描画システムでは表面性状の表示や各種計算を行う。描画にはOpenGL®を使用している。OpenGL®はハードウェアやOSに依存しないグラフィックライブラリであるため、Windows®やLinux®等多くのプラットフォームで使用できる。また、OpenGL®の簡易ウィジェットであるGLUT™とGLUI™を使用している。

下の表3に通信制御の仕様を示す。

表3 通信制御仕様

ポート	シリアルポート
通信速度	19200 bps
ストップビット	1ビット
データ長	8ビット
パリティ	ノーパリティ

通信制御はパソコンとコントローラ間でRS-232Cケーブル、RS-232C変換アダプタ

(OP-26401) を使用し、シリアル通信を行う。ASCII コードで受信されたデータを距離データのみを抽出し、数値解析可能な数値型に変換した後、一度ファイルとして保存する。この時 FFFFFFF が通信の終了条件となる。下の図 6 が通信システム概要である。

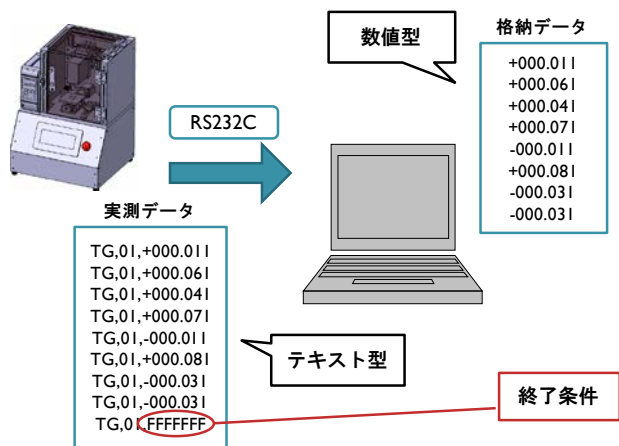


図 6 通信システム概要

図 7 が受信プログラムの実行画面の流れになる。まず計測を開始する前に通信開始ボタンを押す。これで PC 側が待ち状態になり、データの保存ファイルを作成する。計測器側が計測を開始したと同時に受信が始まり終了条件 (FFFFFF) が検出されるまで受信を行う。計測点数は 2500 点である。

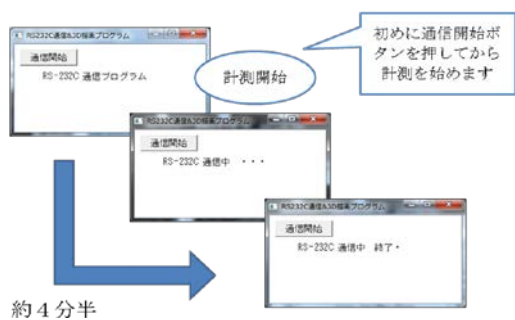


図 7 通信プログラム実行画

## 5. システム構成

今回開発した装置では、テーブル上に置いた計測物の自由な位置を計測開始点として位置決めを行う。次に、Z 軸に固定したレーザ変位計で表面性状を計測する。そして、計測した計測物の表面性状を距離データとして PLC(Program Logic Controller)を介して表示用のパソコンに RS232C 通信で送信する。パソコンで受信した距離データは、描画プログラムで活用できる様にデータ変換する。駆動部の操作は、タッチパネルを用いて行う。図 8 にシステム構成図を示す。

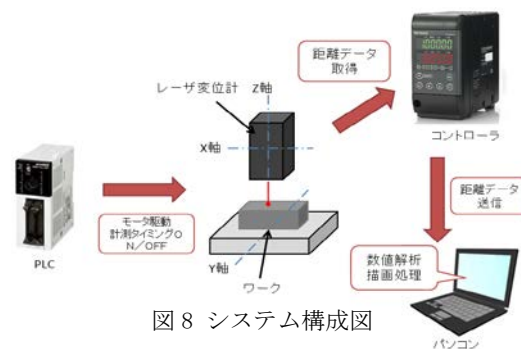


図 8 システム構成図

## 6. システム動作

### [1] 原点復帰

電源立ち上げ後、原点復帰開始スイッチにより原点復帰を開始し、原点復帰終了後、自動停止及び原点ランプを表示する。途中停止スイッチが押された場合、原点復帰を停止する。

### [2] 手動運転

原点復帰終了後、タッチパネル上のスイッチで +X、-X、+Y、-Y 方向に移動させ、任意の測定開始点に移動させる。Z 軸の高さ調整は手動で調節する。

### [3] サイクルの動作

原点復帰終了後、任意の位置でタッチパネルの「自動運転開始」ボタンを押す。計測は、開始点から X 軸+方向に 0.02mm ずつ 1mm 移動し、50 点のデータ取得を行う。次に、計測ラインを変えるため Y 軸マイナス方向に移動した後、X 軸マイナス方向に同じように 0.02mm の 50 点のデータ取得を行う。このように、蛇行運転することで 1mm 四方の範囲を X 軸方向 50 点、Y 軸方向 50 点の合計 2500 点のデータを取る。

## 7. 計測結果

図 9 が触針式のテストピースを、図 10 がこの盤で切断した試料の 1×1mm の範囲の表面の計測を行った結果である。

本装置の測定値と触針式の装置の測定値を比較したところ、テストピースの方は触針式が 9.4μm、本装置が 11μm、この盤で切断した試料は触針式が 68μm、本装置が 74μm という結果になった。



図 9 計測結果 (テストピース)

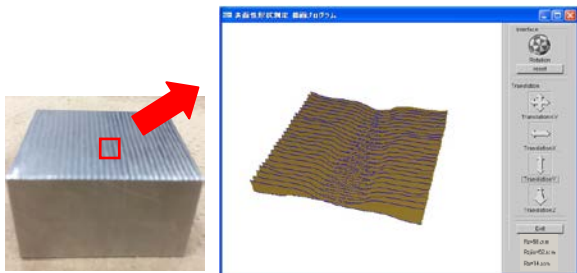


図 10 計測結果（この盤で切断した試料）

## 8. 製作費用内訳

表 4 に製作費用内訳を示す。今年度は一軸アクチュエータなど購入品の多かった機構部が予算の多くを占めている。

表 4 製作費用内訳

製品名	金額(万円)
機械科	32
電子科	8
情報科	16
合計	56

## 9. 製作品の評価

触針式の計測器に対して、計測値が大きめに出了原因としては、触針式ののものにはカットオフ値  $\lambda c$  によりうねりを除去した粗さ曲線で評価しているのに対して、本装置はうねりも含めた断面曲線で評価しているのが原因だと考えられる。図 11 に断面曲線と粗さ曲線のイメージを示す。

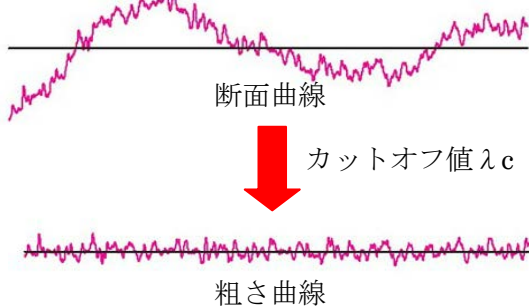


図 11 断面曲線と粗さ曲線のイメージ

また、試料によっては面が平行でないものもあるので、より利便性を増すために水平調節機構を取り付けるなど改善点が見つかった。

## 10. 作業工程表

表 5 に作業工程表を示す。

予定を上段に示し、実績を下段に示す。設計、出図及び部品の選定で少し遅れが生じたが、部品加工、組立・配線・調整は予定通りに完成させることができた。一方、通信のプログラムと、描画作

成のプログラムは調整に時間がかかった。その為、数値処理が予定よりも若干遅れた。また、装置の製作を通して、各科の進行状況を把握するのに日頃のグループミーティングの重要性がわかったと同時に、もっと時間を取るべきだと思った。

表 5 作業工程表

科名	作業		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
	機構部	機械設計	計画											
実施														
材料・部品の設定		計画												
		実施												
部品加工	計画													
	実施													
組立・調整	計画													
	実施													
制御部	材料・部品の設定	計画												
		実施												
	配線	計画												
		実施												
制御プログラム作成	計画													
	実施													
ソフト部	通信のプログラム	計画												
		実施												
	画面表示プログラム	計画												
		実施												
数値処理	計画													
	実施													
全体	動作テスト・デバッグ	計画												
		実施												
	発表	計画												
		実施												
論文作成	計画													
	実施													

## 11. まとめ

本開発は、計画していた日程通りに装置を完成させることができた。今年度は以下のことを完成させた。

- ① 小型な装置の設計及び製作
- ② PLC を用いた装置の駆動及びレーザ変位計からの距離データの計測
- ③ 表面性状の 3 次元表示及び数値解析

また、本開発課題成果を「第 20 回職業能力開発研究発表講演会」及び「第 13 回精密工学会学生研究発表会」で発表した。精密工学会の発表では、「ベストプレゼンテーション賞」を受賞した。

今後も動作テスト・デバッグに力を注ぎ、より良い装置の完成を目指し、残るポリテックビジョン、最終発表会でも堂々と発表出来るよう努めたい。

### 【参考文献】

- 1) Mitutoyo SV-C 3000
- 2) 埼玉県産業技術総合センター研究報告, 第 6 巻, (2008)
- 3) 三菱マイクロシーケンサ FX3UC ユーザーズマニュアル [位置決め制御編], 2012
- 4) Oriental motor 5 相ステッピングモーターユニット CRK シリーズ取扱説明書, 2009
- 5) 三菱マイクロシーケンサ FX3UC プログラミングマニュアル [基本・応用命令解説編], 201

### 【担当教官】

八崎 透 後野 隆

# 課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 3月15日

科名：生産システム技術系

教科の科目		実習テーマ名	
精密機器設計製作課題実習（生産機械システム技術科） 電気制御システム課題実習（生産電子システム技術科） 計測システム応用構築実習（生産情報システム技術科） （開発課題実習）		レーザ変位計を利用した表面性状計測装置の開発(2年目)	
担当教員		担当学生	
○生産機械システム技術科 八崎 透		三浦 裕貴	小高 博満
		吉岡 宰次郎	杉元 亮太
生産情報システム技術科 後野 隆		甲斐 大稔	鶴永祐一郎
生産電子システム技術科		石川 航	
課題実習の技能・技術習得目標			
<p>「レーザ変位計を利用した表面性状計測装置の開発」を通して、①自動化機器の企画、設計、製作、組立調整、PLC制御、描画プログラムの制作および装置の評価、②さらに、計測実験、実験の評価・考察および論文作成までの一連の流れを学ぶ。③また、本課題は機械、電子、情報の3科での取組みになるのでグループ学習が可能である。</p>			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
<p>当大学には「表面性状の評価装置」として、触針式の測定器がある。従来は、この触針式の利用が主であったが、超精密加工等による微細形状部分や、触れると変形する部分、傷がついては困る部分などの評価には適していない。また、規程の「表面性状」の数値化を行うための基準長さを持たない微小な試料も増えており、その対応を考える必要がある。そこで、「レーザ変位計を利用した表面性状計測装置」を開発することにより無接触の「表面性状」の計測方法と基準長さを持たない微小な試料の「表面性状」の計測方法についての検討を行う。</p>			
実習テーマの特徴・概要			
<p>本課題では、昨年度の「工具摩耗計測装置の開発」をベースに「表面性状の評価装置」の開発を行う。特徴としては、無接触で微小な試料の「表面性状」が計測できる装置である。装置の制御には、PLC(Programmable Logic Controller)を用いた装置の駆動を行う。「表面性状」の計測にはレーザ変位計を用いる。計測結果としては、試料の「表面性状」をグラフィックで定性的に示すと共に、実際の「表面性状」を物理量として定量的に示す。</p>			
No	取組目標		
①	装置開発には、機械・電子・情報の技能・技術・科学を複合して、学生と職員が一丸と成って取り組みます。		
②	課題装置を設計する際に品質、コスト及び納期をバランス良く調和させます。		
③	機構部を設計する際、独自性を持って創意工夫をします。		
④	装置を設計製作する際、理論と現場の技能・技術を複合して取り組みます。		
⑤	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案します。		
⑥	工程・日程・人材・他部門との関係・予算・リスク等の観点から計画を立て、進捗を調整します。		
⑦	グループメンバーの意見に耳を傾け、課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識を持ちます。		
⑧	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、グループのモチベーションを維持します。		
⑨	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。		
⑩	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。		